市販の充電型乾電池を使用した体外設置型補助人工心臓駆動装置の電池の製作

*1自治医科大学附属さいたま医療センター臨床工学部，*2ニプロ株式会社
*3自治医科大学附属さいたま医療センター心臓血管外科
梅田 千典*1，百瀬 直樹*1，草浦 理恵*1，小久保 領*1，安田 徹*1，
岩本 典生*1，米田 暁史*2，安達 秀雄*3
Chinori UMEDA, Naoki MOMOSE, Rie KUSAURA, Ryo KOKUBO, Toru YASUDA, Norio IWAMOTO, Akifumi YONEDA, Hideo ADACHI

1. 目 的

ニプロ型体外設置型補助人工心臓（VAS）の駆動装置である泉工医科工業社製モバートNCVC（モバート）は，AC電源を確保できない移動時にはモバート専用の充電型電池（二次電池）によって駆動する。しかし，メーカー供給の電池には定格より短い時間しか駆動できないものがあり，VAS管理を難しくしているのが現状である。そこで我々は，市販の充電型乾電池をモバートの電池として使用する方法を試み，その有用性を実験および臨床において確認したので報告する。

2. 対 象

本検討は，新品の状態で納入され，30回程度使用（専用充電器で完全放電後充電）したモバートの標準電池（MB）5個（A～E）と，30回前後専用充電器で充放電を繰り返した自作の電池（EB）5個（F～J）を対象とした。

3. 方 法

1）自作電池の製作

EBはMBの電池ケースに，市販品である三洋電機（現パナソニック）社製ニッケル水素二次電池eneloop®単3形を20本直列接続して収めた（**図1**）。コネクター・電池用温度センサー・温度ヒューズはMBと同じものを使用した。電池は，6本・7本・7本に束にして収めた。また，衝撃による破損やショートを回避するため，電池端子は念入りにハンダ付けし，ケースと電池，電池と電池の間隙にはMBより厚い緩衝剤を詰めた。

2）放電回路の製作

電池の実充電量を測定するため，動作時のモバートとほぼ同じ40 Wの消費電力の放電回路を製作した（**図2**）。15 Ω 10 Wの耐熱セラミック抵抗を4つ用い，過放電防止のリレースイッチと起動用スイッチ，動作を示すLEDランプを組み込んだ。

3）評価の方法

対象のMBとEBを，モバートの専用充電器での放電後に充電し，充電時の熱が冷えた後に放電回路でそれぞれ5回放電させて計測した。放電時の電圧測定には，三和電気計器社製デジタルマルチテスターPC720Mを用い，測定データをパーソナルコンピューターに取り込み，Microsoft社製Microsoft Excel® 2007にて解析した。対象の放電開始から，出力端子電圧がモバートの最低動作保障電圧の20.0 Vに達する時間を計測し，これを放電時間とした。有意差

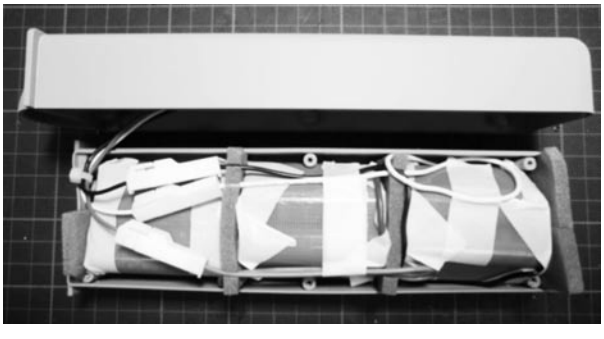

図1 自作電池（EB）内部

■ 著者連絡先
自治医科大学附属さいたま医療センター臨床工学部
（〒330-8503 埼玉県さいたま市大宮区天沼町1-847）
E-mail. chinori.u@jichi.ac.jp

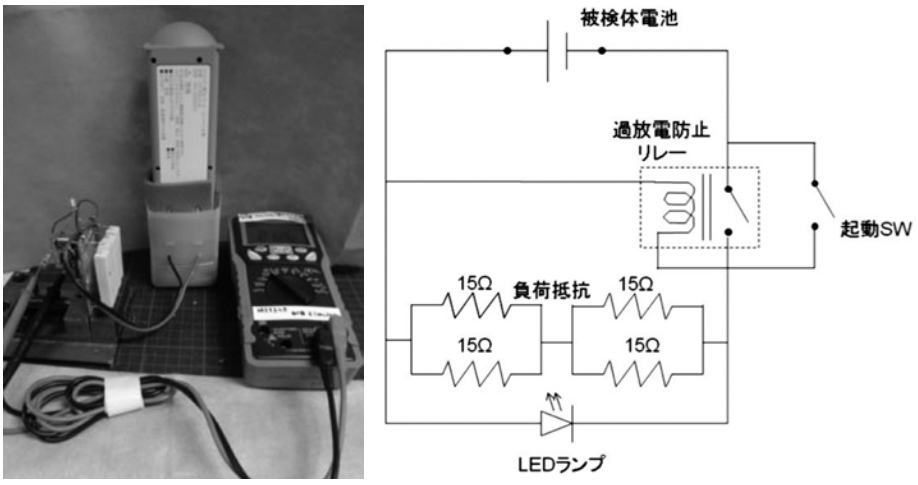

図2　放電回路

表1　メーカーにおける入荷検査・出荷前検査

	検査項目	合格条件
入荷検査	外観検査	
	バッテリー単体での充放電検査を1回	充電電圧の24.0 V以上，充電容量2,000 mAhになること
出荷前検査	バッテリー単体での充放電検査を繰り返し4回	充電電圧の24.0 V以上，充電容量2,000 mAhになること
	モバート用バッテリーとして組み付け後，モバート用の充電器を用いて充放電検査を1回	バッテリー電圧（充電後の端子電圧）22～28 V以上，温度センサー抵抗値が7～15 kΩ，LEDの機能検査

の評価にはstudent-t検定を用い，$P < 0.0005$を有意差ありと判定した。

これまで，当センターでは計6本のEBを製作した。メーカーでのMBの入荷時検査・出荷時検査に基づいた検査を行い（**表1**），院内医療安全委員会の認定の下，患者の同意を得て，2011年8月より実際に臨床で運用を始めた。臨床でのトラブルの有無，実際の電池での運用時間，患者及びスタッフからの評価を収集した。

4.　結　果

1）実験結果

各電池での5回目の放電実験で測定された放電曲線を**図3**に示す。MB群は5分で20.0 V以下になるものもあった。比較的状態の良いMBでも30分程度だった。一方，EB群はすべて60分以上を示した。また**図4**に示すように，MB群の平均放電時間は18.12 ± 16.27分でばらつきも大きく，短いものでは1分にも満たなかった。一方，EB群は平均64.96 ± 4.78分であり，ばらつきは小さかった。MBとEBの2群間でのstudent-t検定においても$P = 1.23 \times 10^{-18}$と明らかな有意差が確認できた。

2）臨床での結果

MB群はほとんどが定格の60分に満たない状態でアラームを発した。中には5分以内でアラームが発生するものもあった。

一方，EB群では2011年11月現在，全ての使用例でトラブルなどなく，定格容量どおり満充電状態から60分以上の駆動が行えている。また，患者及び病棟看護師，医師などから高い評価を得ている。

5.　考　察

モバートは移動可能[1]な生命維持装置でありながら，そのバッテリーが不安定であるということは大きなリスクとなる。現在の標準品であるMBは，取扱説明書上では駆動時間60分，駆動寿命に至るまでの充放電回数220回と表記されている。しかし現実には，新品で納入されていても数回使用するだけで規定容量を確保できないものが目立つ。

我々は以前，標準充電器を改良し，低電流にて充電させて充電容量の増加の試みを行った[2]が，改善は確認できた

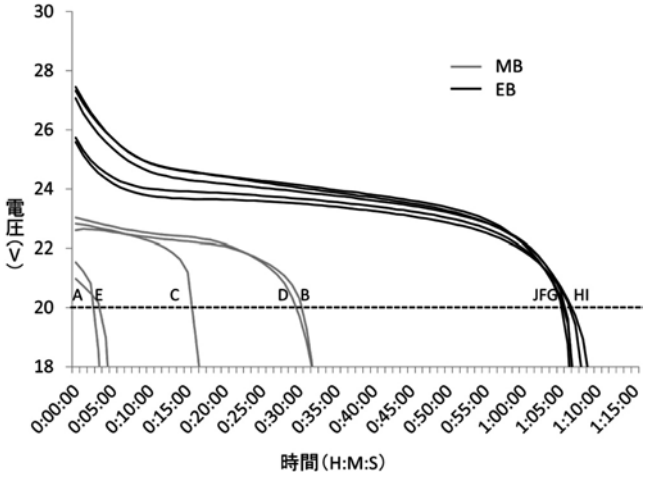

図3　各電池5回目の放電曲線

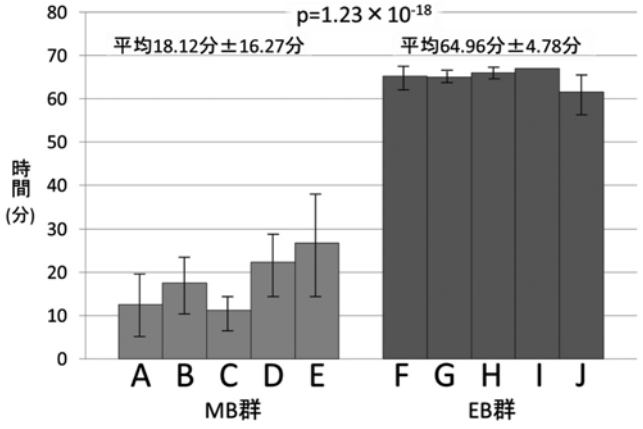

図4　平均放電時間の比較

ものの，満足できるMBの充電容量を得ることができなかった。このため，今回，電池そのものの改良を試みた。

モバートの充電器は，電池を充電器にセットすると自動的に放電が始まり（refresh工程），放電完了後に充電されるように設計されている。これは，使いかけのままで充電すると起こる，ニッケル水素電池のメモリー効果を解消するためである。本研究では，メモリー効果の影響を受けないよう，MBとEB双方の測定後はモバート用充電器でrefresh工程を経た後に充電するよう，条件をそろえた。

規格上，MBは出力電圧24 Vで2,000 mAhの充電容量があり，EBは出力電圧24 Vで充電容量が1,900 mAhとされている。理論的には40 Wの場合の放電時間はMBが72分，EBが68.4分となる。しかし実際には，MBの放電時間は平均18分で，規格の25％の容量にしか満たなかった。これに対してEBの放電時間は平均65分で，規格の95％に達しており，VASの電池として実用に耐えると考える。

MBの充電容量が低下した理由は，今回の実験結果からは明らかにできないが，臨床経験においても，今回の実験結果からもMBの使用には不安がある。このためEBを作製し良好な結果を得た。今後は，EBの長期性能評価が課題である。

ただし，臨床現場で加工を行うことによる個体間の信頼性という点では問題が残る。今後，メーカーには製品としてeneloop®などの安定した電池を組み込むか，改造なしで市販の単三乾電池を差し込むだけで使用できるバッテリーケースの製造を望む。

6.　結　論

①モバートの標準電池MBは既定の電池容量を得られないことが多い。
②そこで，市販の二次電池eneloop®を用いてEBを製作した。
③自作の放電回路にて実充電量を評価した結果，EBはMBよりも充電量が多かった。
④臨床においても問題なく高評価であった。
⑤今後，長期的な評価を課題とする。
⑥メーカーには製品の改良を期待する。

文　献

1) 宮澤圭祐，伊藤 裕，秋山康則，他：外出が体外式補助人工心臓を装着した患者に与える影響．体外循環技術 **38**: 396, 2011
2) 梅田千典，百瀬直樹，草浦理恵，他：補助人工心臓駆動装置のバッテリー充電器の改良とその検証．体外循環技術 **38**: 397, 2011